

國學院大學學術情報リポジトリ

考古学における三次元計測技術の導入と利活用：
古墳時代・古代における用例を中心に

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 国史学会 公開日: 2024-05-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 青木, 敬, Aoki, Takashi メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.57529/0002000448

考古学における三次元計測技術の導入と利活用

—古墳時代・古代における用例を中心に—

青木 敬

一・特集の趣旨

今回は、国史学会二月例会ミニシンポジウムとして開催した「計測技術の進展と考古学」の報告ならびに討論を原稿化し、本号に特集として掲載する運びとなった。今回の特集にかかる筆者の私見ならびに各報告者の所論へ移る前に、ここで開催趣旨および今回テーマとした考古学における新たな計測技術の利活用のありかたについて、企画者の一人として簡単に整理しておく。

まず本ミニシンポジウムの開催趣旨だが、考古学で従来主流となってきた記録の方法と実践を回顧し、「記録すること」の意義を整理し、新技術の導入をふくめてその将来性について考察することを主たる目的とした。その上で、これからの考古学研究において十分に活用可能な記録の方法や提示のありかた、データ管理などの諸問題について討論の場を設け、各報告者ならびに筆者を加えた四名で議論することを次なる目的と位置づけた。ミニシンポジウム開催に先立ち、一月には報告書および筆者の四名で事前の検討会を実施し、報告ならびに討議の内容の調整をはかった。さて考古資料を分析する際、もつとも重要な点は、実物の観察であることは言を俟たない。三次元計測をはじめと

する従来とはことなる計測技術を活用するとはいえ、まず対象とする実物の観察から検討すべき点を把握し、その上で三次元計測にのぞむべきと筆者は考える。そこから考古学研究の方法に新たな視点を付与するためには、相応の計測技術と成果物が必要となるケースも多くみうけられる。具体例については後述することとし、まずは近年の三次元計測技術をはじめとする従来とはことなる計測技術を利用した成果について、古墳や古代の例を中心に紹介し、従来とはことなる計測技術がもたらす利点などを紹介する。あわせて、新しい記録方法によって考古学研究自体が進展した側面もあることから、今後の考古学研究への展望といった観点からも見逃せない研究上の新機軸も一部紹介したい。

二. 用例からみた計測の対象

(一) 遺跡・遺構の計測

古墳の墳丘 最新計測技術、つまり三次元計測による成果図が続々と作成され、三次元データが掲載された刊行物を目にする機会も増えてきた。ここで、筆者が専門とする古墳時代・古代の考古学を中心に計測例をいくつか概観し、三次元計測の利点を中心に整理しておく。

考古資料には、石敷や石組炉を有する竪穴建物、宮殿や寺院・官衙などにおける石敷や瓦敷、落下瓦など図化に相当の時間を要する対象物が多数存在する。なかでも古墳は、墳丘や外表施設、埋葬施設や石棺、さらに出土した副葬品や埴輪など、計測対象として好適な遺構・遺物が数多く、すでにいくつもの古墳が三次元計測の対象となってきた。なかでも三次元測量図を用いて飛躍的に研究がすすんだ領域として、墳丘の設計や規格の分野があげられよう。

岡山県造山古墳は、吉備を代表する巨大前方後円墳として知られる。造山古墳を対象とした測量調査のなかで三次元計測もあわせて実施し、その成果から設計原理にふみこんだ新納泉の研究は、従来の墳丘築造規格（企画）論にはない精緻さをそなえた研究として、まさに画期的だった（新納二〇一一）。新納によると、古墳時代中期の巨大前方後円墳における各段の高さの比は、下段・中段・上段ⅡーⅠ…Ⅲときわめてシンプルであり、中段の高さを基本単位とすること、その基本単位が造山古墳の場合六・二五メートルとなり、それより後出する誉田御廟山古墳（伝応神天皇陵）や大仙陵古墳（伝仁徳天皇陵）では、次第に基本単位が大きくなっていくことなど、詳細な墳丘設計の骨格があきらかになってきた。新納は、その後も誉田御廟山古墳の詳細な等高線図のデータを分析し、基本設計と実施設計の二者が存在することをあきらかにし、文字や設計図にたよらない非文字社会特有の現象ととらえた（新納二〇一五）。

二〇〇五年にアジア航測株式会社が開発した赤色立体地図は、火山や自然災害に際しての地形測量に活用されてきたが、当該技術が古墳をはじめとする遺跡にも応用できないか、奈良県立橿原考古学研究所とアジア航測との間で研究に着手した。結果、古墳や城館の計測に有効性が示され、奈良県箸墓古墳・西殿塚古墳・コナベ古墳・新沢千塚古墳群、高取城跡など成果図も公表されている（西藤二〇一四・二〇一七など）。箸墓古墳では、これまでも存在が確認されてきた前方部前段だけでなく、前方部側面にも段築の存在があきらかになり、西殿塚古墳は後円部・前方部とも四段築成であること、双方の古墳の後円部墳頂にみられる円丘・方丘部の詳細が把握できるようになったことなど、えられた成果は少なくない。既往の測量図では未詳であった起伏などの情報がえられることで、遺跡における三次元測量の有効性が広く認識されるようになった大きな契機であったように思う。ただし航空測量という性格上、当該技術による計測から図化にかかる経費は高額であり、汎用性が高いとまではいえなかった。

汎用性という点では、比較的安価な三次元レーザースキヤナーが製品化されたことよって、大学や研究所など一部の機関に当該機器が導入され、実践例が急増している。近年では、早稲田大学の城倉正祥らによる千葉県塚・殿塚古墳、龍角寺五〇号墳、山室姫塚古墳などの墳丘測量調査とその成果も特筆される。一例として山室姫塚古墳では、一尺〇・三五メートル、一步一・七五メートルの尺度を推定し、上下段とも高さが三歩、下段直径が三六歩、上段裾部の直径一八歩、上段頂部の直径が九歩というシンプルな設計によることをあきらかにした（早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所二〇一六）。白石太一郎の指摘以降（白石一九八五）、墳丘を立体的な構造物として把握した墳丘規格論を展開する必要性が認識されてきたが、三次元測量図の活用によつて、より高精度かつ説得力の強い規格論研究へ階梯をすすめた観がある。

三次元計測の成果図によつて、墳丘周辺の地形的な特徴も把握しやすくなってきた。愛知県東之宮古墳では、後方の北東・南西側周辺に広い平坦面が存在するのに対し、北西・南東側には平坦面がほとんどなく、墳丘構築の作業スペースや資材の運び入れ方向などを考える上で示唆的である（犬山市教育委員会二〇一四、一四三頁、図五一）。埋葬施設 前期古墳を代表する埋葬施設である竪穴式石室（竪穴式石槨）は、その構造的特徴などから常時公開できる例がほとんどなく、検討するには発掘調査時の実測図や写真などをたよるほかない。こうした制約を一定程度緩和できるデータとして三次元計測の成果図が有効である。計測した例はまだ多いとはいえないが、奈良県桜井茶臼山古墳（豊岡・岡林・酒井・東影・金田・奥山二〇一一）や前述の愛知県東之宮古墳などにおいて用例がある。三次元データの正確性からいって、画像化したデータは実測図としても利用可能である。石材は従来の実測図でも形状の表現は可能だが、石材の質感や色調、加工の有無、さらには粘土床の起伏や性状を実測図に描出するのは困難であり、三次元データであれば実測図では表現しきれない情報を提供することが可能である。粘土床の起伏が容易に把握できる

となると、木棺を据え付ける粘土床が断面による線状の形態のみならず、全体の凹凸を面的に把握できるようになり、木棺身の立体的な形状復元にも寄与する。粘土による構造物の形状を把握しやすい三次元計測の特性からいって、粘土槨や棺床の立体的な把握には、三次元計測と計測データによる分析が効力を発揮する。実際に棺床の形態が三次元計測によって判明した例として、山口県仁馬山古墳（下関市教育委員会二〇一〇）や、新潟県城の山古墳（胎内市教育委員会二〇一六）などがある。

竪穴系埋葬施設にしばしばともなう墓坑には、石室の外側に大量の礫を積み上げる場合が多い。こうした膨大な量の礫を一点一点実測するのは、いたずらに時間を浪費するばかりで現実的でない。そこで、三次元レーザーキャナーやSfM/MVSなどを利用することにより、こうした複雑な構造物を短時間で計測することが可能となる。大阪府玉手山三号墳では、竪穴式石室の壁体が失われ、裏込めの礫や板石だけが残存する墓坑を検出したが、限られた時間のなかで墓坑の情報を記録するには、こうした既往のものとはちがった計測技術が威力を発揮する（大阪市立大学日本史研究室二〇一〇a）。従来の手法では実測することを躊躇してしまうような遺構でも、その詳細まで記録できる三次元計測は、構造を詳細に把握できる情報としての価値が付与されるだろう。

三次元測量が得意とする石材の質感や加工痕の把握という点では、横穴式石室にも有用である。石材の組み上げ方や実測者により表現方法がまちまちな稜線の描出など、石材固有の特徴を客観的に図化できる三次元計測は、基準となる資料を作成・提供できること、加えて多方面の視点から検討を可能とするなど、資料的価値がきわめて高い。ここでは、大阪市立大学日本史研究室が実写した牧野古墳の横穴式石室を代表例としてあげておく（大阪市立大学日本史研究室二〇一〇b）。なお牧野古墳では、計測作業からデータ処理、ノイズ除去、モデリング、陰影図の作成まで業者に委託したとのことだが、そのうち計測に要した日数はわずか一日、手実測であれば数名がかりで数日〜一週間程

度は要するだろう。現地での計測時間の大幅な縮減を可能とする、これが正確性とならぶ三次元計測の利点といえる。

終末期古墳（前方後円墳築造終焉以降の古墳）における横口式石槨なども計測の対象に適している。高松塚古墳の石室解体にともなう発掘調査に際して、横口式石槨の石材位置を調整するために梶子棒を挿入した穴（梶子穴）が確認された。廣瀬寛によると、梶子穴には石材底面から一定程度離れた位置に穿つ方形のもの（梶子穴A類）と底面に接して蒲鉾型に穿たれるもの（梶子穴B類）に分類され、前者が古く、後者はキトラ古墳で出現し定型化したという（廣瀬二〇一五）。さらに、梶子穴A類の奈良県平野塚穴山古墳や大阪府ヒチンジヨ池西古墳などでは、石槨部の壁石一辺および天井石が二枚ずつからなり、内法長が令小尺の偶数尺となるいっぽう、高松塚古墳では壁石一辺が三枚の石材かつ内法長が九尺と奇数尺となる。前者が内法長を単純に半分にした壁石の長さ設定の簡便さがみとめられるのに対して、後者が不合理な割り付けによって石材の大きさにばらつきが生じたと廣瀬は説く。こうした知見は、対象物の丹念な観察をおこなうだけでなく、石材を一点ずつ三次元測量し、梶子穴を正確かつ立体的に把握したことによって、はじめてあきらかにしえた点といえよう。

右でもふれたが、国宝壁画の生物被害が拡大したことなどにより、石室を取り出して壁画を修復するため、石室解体にともなう発掘調査がおこなわれた高松塚古墳では、石室解体時に個別に石室石材および石室周囲の遺構面の三次元計測を実施した（文化庁・奈良文化財研究所・奈良県立橿原考古学研究所・明日香村教育委員会二〇一七）。二次元の図面では記録が困難な微妙な起伏や地震による地割れなどの痕跡も詳細に把握できたが、あわせて手実測もおこなひ、最終的に双方のデータを画面上で合成し、正確を期した。また、三次元データから石室全体を画像化することによって、発掘調査後も立体的に石室を検討できる、さらに構築過程を復元した動画作成の基本データともなるなど、事後の活用¹⁾に三次元データが大いに力を発揮した。後述する廣瀬寛の研究は、高松塚古墳における三次元データの比較検討に

端を発したものであり、その後の研究の進展に大いに寄与することとなった。

石材加工技術の詳細を解明する 石材という点、チョウナ削り・チョウナ叩き・ノミ切・突つつき・ピシャン叩き・磨きなど、加工した石材の表面には、さまざまな調整痕がのこる。調整痕の詳細が数量的に一定程度把握できると、加工痕跡のパターンモデルを構築できるようになり、石工技術の復元に有効である（高田・佐藤二〇一五）。中世以降その変遷が詳細にたどれる矢穴の形状についても、シリコンなどでかたどりし、それを三次元計測することで正確な三次元モデルを提示し、それを標準として比較検討に供することが可能となる。さらに、矢穴底立ち上がり角度のちがいが技法や熟練度のちがいに起因し、作業者の差異を抽出できる可能性が示唆され（高田・広瀬・福家・藤田二〇一四など）、当該研究が石材加工に従事した工人論へと止揚できる可能性を秘めている。実物は動かすことが困難な巨石同士の接合関係を特定した研究もあり、計測対象の規模は大小問わない点も、三次元計測の長所である（佐藤二〇一七など）。

従来、石材の加工痕跡あるいは石造物全体を二次元情報として記録する手法は、拓本あるいは手実測、そして写真であった。拓本は記録が容易、かつ調整や銘文などの判読が容易であることなど利点も多いいっぽう、正確性という点では実測図に一步譲る。他方、実測図は正確だが、作図に相当な時間を要し、対象資料が大型石造物であればなおのこと時間がかかる。写真は立体感や質感の表現にすぐれるが、図面として利用するにはデータの加工が必要となり、設備投資に一定程度の額が必要となる。

こうした作図に要する時間を短縮し、正確性も担保できる手法として、近年SfM (Structure from Motion) / MV (Multi-view Stereo) が活用されている。大型の石造物など、手実測の場合、作図に相当の時間と技量が見込まれる資料には、SfM / MV がとくに有効で、従来の実測図と遜色ない成果物が安価かつ短時間で得られるとい

う利点がある（永見二〇一七など）。当該技術は、汎用のデジタルカメラで撮影したデータをもとに三次元モデルを生成する技術であり、無償で提供されているソフトもあるなど、安価で正確性に優れ、かつ導入の敷居が低く、三次元レーザースキャナーの導入が困難な個人レベルでも十分に活用できるため、文化財への導入例が急増している点は特記されよう。いよいよ三次元データの計測と活用がひろく実践できる段階に達しつつある。

（二）遺物の計測

さて、次に遺物を対象とした三次元計測の用例について概観する。こちらも三次元レーザースキャナーやSfM／MVSを利用した例が主となる。

銅鏡 三次元データを用いた遺物研究の嚆矢としては、まず弥生時代・古墳時代の銅鏡があげられる。これまでに計測した銅鏡の総数は一〇〇〇面を超え、蓄積された三次元データのみで十分に比較検討できる段階に達している。当該研究をけん引してきた水野敏典の言を借りると、鏡を三次元計測することにより、「同範鏡」を特定するには微細な文様などのちがいを認識できる、膨大な出土量を誇る鏡は実物同士を肉眼によって比較検討することがむずかしいため、三次元データによる比較検討が有効であること、色情報に左右されない陰影画像による比較を可能としたこと、小片でも同範鏡の特定が可能となったことなどが主たる利点という（水野二〇一六）。

そして三次元データの比較から、三角縁神獸鏡が舶載・仿製問わず共通した量産を可能とする挽型を用いた製作技術を有し、双方に技術的な区別がなく、すべて舶載鏡あるいは仿製鏡となる可能性を指摘した点は、従来の三角縁神獸鏡研究に一石を投じる成果である（水野編二〇一七など）。と同時に、三角縁神獸鏡とそれ以外の鏡式（画文帯神獸鏡など）と量産技術がことなると理解する（水野・奥山・古谷・徳田二〇一一など）。最近も、倭（製）鏡の一例として同工品とされる内行花文鏡を計測した結果、鏡縁部に手を加えており、意図的に同一文様としなかった可能性を指

摘するといった仿製鏡の特質を抽出し、仿製三角縁神獸鏡の挽型利用とはことなるとする指摘は重要である（水野・奥山・北井二〇一七）。また、一〇〇〇面を超える三次元データをもとに、三角縁神獸鏡を日本列島内での生産品ととらえ、さらに「出吹き」生産をおこなっていたとする従来に見解も提示されている（鈴木二〇一六）。検討の対象は三角縁神獸鏡にとどまらず、その製作技術の系統を追跡するため、八つ手葉形銅製品を計測し、製作技術が三角縁神獸鏡と親縁性が高いことがあきらかになるなど、鏡以外の青銅器にも対象がひろがっている（水野・奥山・北井・柳田二〇一五）。

こうした銅鏡の製作技術系統の弁別が、従来とは次元が異なる精度をもってあきらかになってきたことは、三次元計測抜きには考えられない。と同時に、高精度の三次元計測ならびにデータの解析には、高額な機器の導入が不可欠であり、現時点で誰彼でも導入できる状況にはない点を付言しておく。

埴輪 埴輪研究では、従来の分類の妥当性を検証する手段として三次元データが活用できる。実際に城倉正祥らは、埴輪研究を次段階へと押し上げようと三次元計測を精力的におこなっている。そこから、「今後は三次元計測情報に基づく客観的なデータを画像処理によつて視覚的に表現しつつ、個体単位でその個性を示し、個体間・古墳間の分類の妥当性を客観的に提示する研究への転換」（城倉二〇一六、一二三頁）が図られる可能性を指摘する。

これは埴輪に限らない話だが、手実測の場合、計測に要する膨大な時間と費用がかさむことから、十全な観察の時間が割けないという制約が生じる。そこで三次元計測の手法が採用され、中型品で二〜三時間、大型品でも四〜五時間程度で全体の計測が可能という（城倉編二〇一七）。こうした大型の遺物の計測には、効率化や正確性を考慮すると三次元計測が果たす役割がより大きい。

瓦 埴輪をとりあげたように、土製品の検討にも三次元計測が果たす役割が大きいことは、右に述べたとおりだが、

同様のことは瓦研究にもあてはまる。とくに軒瓦の文様を正確に計測することで、瓦当の形状を三次元データにし、データ同士をコンピュータ上で重ねて一致するか否かを検討する三次元マッチングの成果が公になっている。一例として、東大寺式軒丸瓦六二三五型式のうち、「異范瓦」と推定されてきた瓦当を三次元計測したところ、文様が少なからず重複する部分があるところがあきらかとなった（中村・林二〇一八）。その理由としては、「同一のデザイン画をもとにして彫られた複数の范」に起因するのではないかと推測している（中村・林二〇一八、七八頁）。粘土を乾燥・焼成するという瓦の素材的な特徴から、収縮という面も考慮して「同范」や「異范」を検討しなければならぬが、三次元計測データによる再検証は、今後の瓦研究であらたな展望をひらくにちがいない。またこうした検討は、瓦当以外の丸瓦や平瓦まで対象がひろがっていく可能性もある。

さて、同范瓦を同定した例として、ここでは中国南宋様式の瓦をあげておきたい。日宋貿易における南宋側の拠点であった寧波産とされ、日本にない文様が特徴の軒丸瓦である。博多遺跡群出土瓦などと寧波市出土瓦との間に同范関係があるか三次元マッチングをおこなったところ、文様など細部まで酷似することが判明し、これらは同范とみて矛盾せず、同范とすると一〇〇〇キロメートルを超える瓦の長距離移動があったことになる（中園二〇一七）。

土器・土製品 三次元計測の用例は土器や土製品にもみられるので、ここで概観しておこう。

都城や官衙遺跡などでしばしば出土する甕転用硯は、従来の実測図で全点を描画しようとする、図化に膨大な時間を要するので、こうした資料への活用も期待される（神野二〇一八）。従来の実測図では墨痕の状態を表現するにも限界があったが、SfM/MVSを援用して作成したオルソ画像であれば、写真と同様の質感を表現できただけでなく、法量などの数値的情報も正確に把握できる。

また、従来の実測手法では作図に多大な時間を要する大型遺物をSfM/MVSを活用することにより、図化に必

要とする時間が大幅に省力化できる。一例として、口径〇・六メートル強、器高約一・一メートルの備前焼の大甕で前述した技術で計測し、三次元モデルの作成に一H、イラストレーター（Adobe社製）を用いたトレース図化に半日程度ですんだという（神野・山口・中村二〇一七）。SfM/MVSの導入は、正確性のみならず作業の効率化という観点からも有効である。

先にふれた埴輪に認められるハケ目の識別だけでなく、ことなる土器片をSfM/MVSによって三次元マッチングさせ、板ナデ痕が酷似することを突き止め、それぞれ同一工具で製作された土器であることが判明した例などから（太郎良二〇一七）、土器や土製品といった可塑性がたかく、製作の痕跡をとどめる資料にはこうした同定作業から工人識別へとつながる可能性が指摘できる。

動物骨 動物考古学をはじめとした環境考古学の進展は著しい。ただし、同定の現場に骨格標本の実物を持ち込むことが非現実的な場合もすくなくない。そうなると、書籍の図面や写真などで同定作業をおこなうことになるが、この場合であると二次元データのままであり、観察したい部分が図化されていないなど制約がある。こうした経緯から、標本の実物と検討対象となる資料とをとりつなぐデータが所望される。そこで、三次元のPDFデータを画面上で自由な角度から視認できるように、三次元計測した動物骨のデータをデータベース上にアップする取り組みが、松井章により唱導され、松井の没後にも奈良文化財研究所埋蔵文化財センター環境考古学研究室によってすすめられている（SCD Bone Atlas Database）。このうち人骨の三次元データは、書籍でも公にされている（松井・菊地編二〇一六）。骨格図譜基準資料との比較検討作業を安全かつ容易に実施できる手段として、標本の三次元データが効果を発揮することは自明であり、今後データベースの拡充が切望される。

遺物展示への応用 三次元レーザースキャナーを用いた三次元データは、博物館における遺物展示にも応用されてい

る。その一例として、先述した三次元計測をおこなった姫塚・殿塚古墳出土埴輪のデータを画面上で配列し、デジタル展示案を作成し、この案にもとづき博物館における展示に活用した例をみればあきらかなとおり、計測したデータは研究や学術図書にとどまらず、普及・啓発事業の充実化に貢献するツールにもなる（城倉二〇一七）。

三、計測技術の進展が目指すもの

三次元計測の利点とその整理 計測データが蓄積され、データを検討した成果があがってくると、雑誌で特集が組まれるケースもみられる。当該技術の活用を考える研究会の開催も増加の傾向にある。今回の特集もまさにこうした潮流にのった議論だが、早稲田大学で実施した学術シンポジウム「3D考古学の挑戦―考古遺物・遺構の三次元計測における研究の現状と課題」、文化財方法論研究会による「研究するモノに三次元を―考古資料三次元計測 Workshop」その一・その二の開催と、雑誌『文化財の壺』第四号（二〇一六年）・第五号（二〇一七年）の刊行や、『季刊考古学』第一四〇号の特集「3D技術と考古学」（中園聡編、二〇一七年）など、これまでの計測の対象と技術的な要件と課題、研究視座の提示などが端的に整理されている。三次元計測の有効性を実感し、データの収集に活用しようという機運が高まってきている。

発掘調査においても、一層ずつ検出あるいは遺物が出土する都度、SfM/MVSによる三次元化をおこなうといった、徹底的な三次元化を実践した例も報告されている（平川・太郎良・中園二〇一八）。考古学では、発掘調査や出土遺物などの考古資料を記録すること、かつ観察所見が十分に反映された記録であることが基本中の基本と教え込まれる。実測など記録するための技術を身につけ、いかに数をこなしていくかが肝要だと先輩から叩き込まれた方も多

いだろう。記録方法以前に確かな観察眼が備わっていないければ、ものいわぬ考古資料に語らせることは困難である。

筆者は、須恵器甕転用硯に「手のひらサイズ」が多いことに気づき、当該資料が掌中におさめるいわば手持ちの硯と推定した(青木二〇一四)。こうした所見は、来る日も来る日も甕転用硯を実測し続けた結果、実測のなかで身につけた、いうなれば「身体が覚えた感覚」から引き出した所産である。おびただしい数の実測をおこなってこそ、こうした気づきがある。しかしながら、簡便かつ迅速、正確に計測できるSfM/MVSなどを活用するにも、そこから引き出す情報を読み取るには、先の身体感覚に依拠せず所見を導出せねばならないため、製作技術や用途など、モノに対する観察眼をむしろこれまで以上に涵養することがもとめられる。「どんなに情報機器が発達し、それを駆使できるようになっても、直接の考古資料から離れてしまつてはおしまいである」との佐原眞の言を肝に銘じておきたい(佐原一九九五)。

現状の把握手段としての三次元計測 比較的容易かつ迅速に計測できる三次元データは、その特性をいかして定点観測などにも活用できる。すなわち、文化財を定期的に計測することで経年変化を観察し(モニタリング)、文化財の維持管理や保存活用に資する基礎的かつ正確なデータとなる。今後は、維持管理に三次元データを活用することも視野に入れておく必要がある。

日本における文化財は、経年劣化のみならず地震や津波、洪水など自然災害による倒壊・流出など罹災する確率が高い。罹災した痕跡も歴史の一部として残すべきとする意見もあるが(津村二〇一七)、現行の保存・修復の方針は、建立当時など時間軸を復することが第一義であり、文化財が刻み込んできた履歴すべてを残すことがむずかしい。そこで、修理前などに三次元計測を実施し、現状のデータを正確かつ立体的に記録化し、修理後との比較がおこなえる。修理・修復によって失われる情報を実物に近い状態で記録にとどめる、これこそが三次元計測が有する主たる特性で

ある。

三次元計測データの利活用と方向性　ただし、三次元計測したデータを提示しただけでは、十分に活用されているとはいえない。いかなる視座によって研究が実践され、これまでの研究成果とどのような点がこととなっているのか、三次元計測導入のメリットを具体化させる必要がある。理由付けが明確でないと、導入を躊躇するケースが出来ることは容易に察しがつく。三次元データを活用するためには、紙媒体で印刷し、結果として二次元のデータを提示するだけであれば十全とはいえない。つまり、画面上で多方面から三次元データを観察できる状態でこそ、はじめて三次元情報をフルに活用できるわけである。当然のこととして、取得した三次元データはweb上で公開する、つまり先に紹介した骨格標本の三次元データベースのような公開方法を念頭におく必要がある。もちろん紙媒体であっても、データを収録したDVDなどを添付するなどの工夫によって、二次元レベルでとどめないデータの提供方法も吟味すべきだろう。

将来的には、各所で計測された三次元データの保管先を一本化するなど、集約化を見据えた施策も必要だろう。埴輪や瓦、土器・土製品などを対象として、個体間の工具痕や范のマッチング作業をおこなう。同定できれば、工人の編成や製品の供給範囲など、研究の視野が広がってくる。こうした研究をすすめるには、広域かつ膨大な資料間で同定作業をおこなうことがのぞましく、そのため統一的なデータベースの構築が待たれる。データベースの構築なしに三次元データを収集したとしても、一々数遺跡単位のデータにとどまってしまう。たんに計測するだけでなく、計測データの利活用の手段や方法まで念頭においたデータ収集のありかたも問われるだろう。

さて、文化財保護法が一部改正されたことは記憶に新しい。ここで改正の詳細は省くが、文化財を保護するだけでなく活用へ舵を切った内容と改められた点が報じられている。ところで三次元計測のデータは、精密なレプリカの作

成のみならず、VRをはじめとするアニメーション動画を作成する基幹データともなる。つまり三次元計測の成果が、文化財の利活用の一翼を担うツールとして効果的である。遺構の露出保存は、遺構にあたえるダメージが大きい場合も少なくなく、現地で埋め戻されることが一般的である。そうになると、文化財保護の観点から実物を目にする 것이できない例も多い。すでに石室の三次元データからレプリカを作成し、展示する手法は、数多くの実践例がある。精巧なレプリカや画像による再現は、文化財を傷めずに可視化する手段として今後いっそうの活用が期待される。

被災地における遺跡と調査 大阪府北部を襲った地震や、西日本の広域に甚大な被害をもたらした大水害など記憶に新しいが、地震や水害、火山の噴火など、日本列島は災害が常に隣り合わせである。被災した対象は幅広いが、当然のこと文化財も被災するリスクを常に負っている。もし文化財が被災した場合、各種調査を実施する以前に、被害状況を迅速に把握するための手段としても、従来とはことなる計測技術が活用されている。例えば熊本県下の被災古墳（井寺古墳・小坂大塚古墳ほか）の情報収集のため、LiDAR (Light Detection And Ranging) や UAV (ドローン) による地形計測が利用されている（金田二〇一八など）。井寺古墳では、被災したことで石室内へ人が侵入できない状態となり、石室内の被災状況を立体的かつ正確に把握することなどから、撮影ポールを使用して石室内部を撮影、撮影データを SfM / MVS によって三次元モデルを作成し、石材の孕みや落下、石障の亀裂などが判明した（橋口二〇一八）。また、小坂大塚古墳の UAV 空中写真撮影の結果、削平された古墳の周溝とみられる痕跡がソイルマークとして確認されるなど、UAV の活用方法も測量や写真撮影など多岐にわたり、比較的低コストで記録が可能な手法として考古学の調査でも採用されるケースが増加してきた。

被災地では、可能なかぎり早期に復興することがもとめられ、当然のこととして調査などを実施する際にも迅速な計測作業が不可欠である。調査日程が限られ緊急性が高い遺跡では、記録化作業に三次元計測を活用した例がある。

一例として福島県桜田IV遺跡では、現地で三次元レーザースキャナーによる計測をおこない、その後は計測データからPEAKIT（本号横山論考参照）による特徴線を抽出し、平面図を室内で作成することで、遺構検出や精査といった現場作業に人材を集中させ、記録化に要する現場での作業時間を縮減した結果、迅速化がはかられた（文化庁文部科学省文化財部記念物課二〇一七、金田二〇一七など）。こうした迅速な計測手法は、発掘調査現場において時間的余裕がない場合のみならず、記録の担い手が不足する場合、あるいは図面精度に誤差が生じやすく、従来の方式だと計測が困難な斜面地での調査などにも有効だろう。またGPR探査など、調査前に非破壊の地下探査を実施することにより、重要遺構や遺構の集中などを一定程度把握した上で調査に着手できるため、三次元計測は探査との併用によって、調査のさらなる効率化や調査期間の縮減などに寄与する。

四．遺跡調査における三次元計測図の利活用

（一）墳丘高と石室構造―多摩地区の古墳を例に―

つぎに、どういった場面で新たな計測技術を利用した成果図を使用するのが効果的か、筆者が研究対象とする古墳の墳丘をケーススタディーにして考えてみよう。以下、東京都多摩地域とその周辺の古墳を対象に、墳丘と埋葬施設構造との関係性を検討し、三次元計測の必要性を指摘したい。

さて、多摩地域における古墳の発掘調査例は数多いが、残存する墳丘と埋葬施設構造とのかかわりという観点から考察してみたい。検討する点は、複室構造の切石積横穴式石室を有する古墳の墳丘高、さらに自然石を乱石積した石室と墳丘高、双方の対応関係である。まず切石積横穴式石室の例から概観する。

切石積石室を有する古墳の例 北大谷古墳（八王子市）は、墳丘直径三九メートル、現存墳丘高約三メートルの円墳で、七世紀前半の築造と推定される（多摩地区所在古墳確認調査団一九九五）。天井石を欠失していることをふまえると、築造当初の墳丘高は四メートル前後と推測できる。

稲荷塚古墳（多摩市）は、対角長約三四メートル、現存墳丘高約二メートル弱の八角墳と推定されているが（多摩市教育委員会一九九六など）、墳丘直径三四メートル前後の円墳あるいは非円墳を含意した多角墳とする可能性もある（多摩市教育委員会二〇一八）。北大谷古墳に後続し、七世紀前半の築造と推定される。北大谷古墳と同じく天井石を欠失しており、当初の墳丘高はさらに高かった。発掘調査報告書によると、復元墳丘高は四メートル程度と推測されている。

武蔵府中熊野神社古墳（府中市）は、列島最古・最大の上円下方墳として著名であり、下方部一辺三三メートル（二段目は一辺二四メートル）、上円部直径一六メートル、残存墳丘高が五メートル、推定墳丘高六メートルをはかる。出土遺物が少なく確言しにくいのが、七世紀中頃の築造と推定される（府中市教育委員会・府中市遺跡調査会二〇〇五）。墳丘は版築で構築された可能性が高い。

天文台構内古墳（三鷹市）は、一辺二七～二八メートルの下方部に直径約一八メートル、現存高二・二メートルの上円部がある上円下方墳である（三鷹市遺跡調査会・三鷹市教育委員会二〇一一）。武蔵府中熊野神社古墳とさほど相違しない時期に築造されたと推定される。築造当初の上円部高は三・七メートルほどと推定され、下方部もあわせるると四メートル超の墳丘高が考えられる。なお、墳丘は版築によって構築された可能性が高い。

緒方小川塚古墳（狛江市）は、周溝の内径が二一・〇～二二・八メートル、推定墳丘直径は約一五メートル前後の円墳であり、七世紀第二四半期頃に築造されたとみられる（狛江市教育委員会二〇一四）。墳丘残存高は約二メートル

ル、切石積複室構造の横穴式石室を有し、天井石や石室の上半が失われており、これら欠失した部分も勘案すると、本来の墳丘高は三〜四メートル程度であろう。

多摩地域ではないが、近在する当該時期の大型墳として馬絹古墳（川崎市）をあげておく。馬絹古墳は墳丘径約三メートル、墳丘高約六メートルの円墳で、墳丘周囲に幅三・五メートル、深さ一・五メートルほどの周溝がめぐり、墳丘の表面は葺石が構築されている。埋葬施設は、玄室・後室・前室の三室からなる切石積複々室構造の横穴式石室で、全長九・六メートルにも及ぶ非常に長大かつ大型の石室である。円墳と推定されているが、武蔵府中熊野神社古墳などと同様、上円下方墳の可能性もある。

切石積石室を有する墳丘の特徴 以上の例から切石積石室の例は、墳丘高が三〜六メートルほどと、後述する乱石積石室を有する古墳に比して「高い」墳丘として構築されたといえる。また、武蔵府中熊野神社古墳や馬絹古墳など一部の古墳では、版築が採用されており、列島各地の有力者墓に採用されていた高墳丘を意図して、非在地の土木技術を意図的に採用した可能性がある。と同時にこの二基は、当該地域で突出した位置づけだったとみて相違ない。

乱石積石室を有する古墳 つぎに自然石を乱石積する横穴式石室の墳丘高だが、こちらは国立市四軒在家遺跡などを始め、墳丘がほとんど残存しない（国立市教育委員会二〇〇五）。一部ではあるが墳丘が残る例として、調布市狐塚古墳があげられる（調布市遺跡調査会二〇〇三）。奥壁のみ泥岩（シルト岩か）の切石を設置し、ほかはいずれも円礫による乱石積で構築される。石室付近が周辺より〇・八メートルほど高くなっていた。石室残存高は最大一・三メートル、天井石は欠失していたので、おそらく石室高は二メートル前後となろう。石室下部が墳丘構築面の下、つまり石室掘方を深さ数十センチメートルほど掘削し、そこに石室下半を構築したということになる。つまり、天井石とその上部を被覆した墳丘高は、二メートル程度、高くとも三メートル未満の規模とみるのが穏当だろう。

埋葬施設構造のちがいと墳丘高 では、これまでの事例検討から考慮すべき点を以下に述べておきたい。

まず、複室構造の切石積横穴式石室を有する古墳では、石室掘方を設ける例も存在するようだが、地上に石室の大部分を設置する構造をとる。そのため、石室全体を被覆する墳丘とするには、必然的に石室高よりも高い墳丘高が必要となる。こうした点から、当該横穴式石室を有する古墳では、三〜四メートルの墳丘高が必要だったと考えられる。

換言すれば、墳丘高が三〜四メートルを超える一群は、埋葬施設が複室構造の切石積横穴式石室である可能性が高い。

この一群のなかでも、武蔵府中熊野神社古墳と馬絹古墳の六メートルという復元墳丘高は、多摩地域およびその周辺では突出して高い。このことは、先述した当該古墳が版築あるいは版築状の墳丘構築技術を採用したことと無関係ではあるまい。対して稲荷塚古墳の墳丘盛土は、しまりの弱い土による水平積みを基調とし、その脆弱さゆえに墳丘東側では墳丘内掘込を設け、墳丘の強度を上げる工夫を凝らさねばならなかった。いうなれば、在地の土木技術が稲荷塚古墳に採用されたと解される。こうした墳丘盛土の強度の差が、そのまま墳丘の残存状態ともある程度相関する可能性がある。つまり、四メートル以上の墳丘高を有する一群のなかでも、最高位に位置する武蔵府中熊野神社古墳や天文台構内古墳（このほか馬絹古墳もこれに該当する可能性が高い）は、他の例すなわち在地の土木技術とは異なる墳丘構築技術を採用して築造した一群として位置づけられる。

いっぽう乱石積の石室は、墳丘構築面以下を掘削し、石室掘方を設ける。石室掘方は半地下構造をとり、石室下半は地下部分におさまる。つまり半地下構造となる分、墳丘構築面以上に顔を出す石室部分は、複室構造の切石積横穴式石室に比して低い。ということは、必然的に川原石積石室の例における墳丘高は、複室構造の切石積横穴式石室の例よりも低平ですむ。その数値は、先にしめした一・五〜二メートル程度となり、複室構造の切石積横穴式石室の例のおよそ半分以下しかない墳丘と推定できる。

ただし、下谷保一〇号墳（国立市）のように、切石積の石室でも石室掘方を有する例がわずかながら存在する（国立市教育委員会二〇一四）。下谷保一〇号墳は、墳丘直径が東西約八メートル、南北約九〜一〇メートルの楕円形を呈するが、石室掘方をもたない武蔵府中熊野神社古墳などとは墳丘規模などの面で大きな格差が存在する。つまり、地域でトップクラスの有力者層とそれ以外とは、石室掘方の有無や墳丘規模など、墳丘や埋葬施設の規模・構造などで一線を画す、いかなれば差別化が図られていた可能性がある。

墳丘高と三次元計測図 以上を要するに、切石積穴式石室と川原石積石室とは、一部の例をのぞきそれぞれがもつ構造的特徴から、墳丘高が大きく異なることがあきらかである。つまるところ、残存状態によるが、残りのよい墳丘の場合、墳丘高が高い一群は切石積穴式石室である可能性が高く、対して低い一群や墳丘がほとんど残っていない例の多くは、乱石積石室となる場合が多い。少なくとも多摩地域では、古墳の墳丘高が古墳間の格差を表示する上で大きな指標となっていたのではなからうか。こうした点からみても、墳丘測量図から得られる情報がとりわけ重要となってくる。

従来の墳丘測量図では、こうした墳丘の高さの違いを把握しづらく、墳丘高を意識しにくい。二次元的な平面図による検討が中心となってきた日本の古墳の墳丘研究は、近年まで平面規格に偏した傾向が強く、まさに立体的な観点が欠如しがちなデータに拠ってきた。五世紀末頃以降の古墳は、墳丘の高さを重視した例が顕著であることは先行研究をみてもあきらかだが（宇垣二〇一〇・青木二〇一七など）、墳丘研究において新地平を開拓するためには、やはり議論の基礎になる三次元計測図が欠かせない。

いうまでもなく墳丘の立体的な把握には、三次元計測図を作成し、類例を相互比較できる環境を整備することが重要となる。繰り返すが、墳丘高を重視する中期古墳までとはちがひ、後期・終末期古墳では墳丘高を重視する例が多

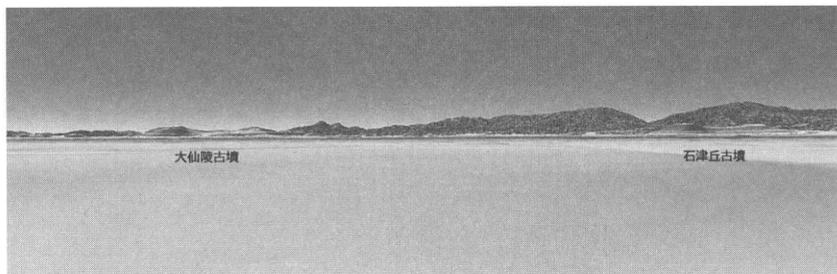


図2 カシミール3Dによる大阪湾からみた百舌鳥古墳群

1)。松本平に位置する穂高古墳群が扇頂部付近に所在し、古墳のすぐ脇に烏川によって形成された開析谷が認められることが明瞭に読み取れる。作成した図面と発掘調査成果とを総合すると、この谷に分布する礫を用いて石室材としたこと、古墳群の1帯は扇頂付近であることから礫層が展開し、耕作にはあまり適しておらず、地形的・土壌の環境を考慮して古墳群がつくられたことなどが把握できる。付近の集落は、扇央～扇端にかけて所在する遺跡分布からみても、こうした推定は首肯されよう。二次元の地形図では容易に判別できない、あるいは地形的な説明が困難な状況であろうとも、三次元図を効果的に提示することで補足できる。説明の対象が可視化できると説得力も増すため、新たな計測による成果図の提示は、自らの主張を補強する素材としても有効である。と同時に、こうした図面からみた「わかりやすさ」は、三次元計測図が従来にない、より実際に近い状態を可視化できる教材として、学生の理解を援けることにもなり、大学教育の場においても積極的に活用をすすめるのがのぞましい。

景観の復元 図2は、カシミール3Dを使用して作成した大阪湾から望む百舌鳥古墳群である。一見して、大仙陵古墳（大山古墳、伝仁徳陵）や石津丘古墳（伝履中陵）などの威容がはっきりと望みできる。現在では、古墳の周囲が宅地化されており、如上の景観をうかがい知るには、古写真を参考にするか、あるいはカシミール3Dなどの三次元地図ナビゲータを活用して復元するのが、コスト面を考慮すると汎用性がたかいといえる。以前から、古墳の眺望や規模と農業生産域との相関性などにかんする

論及が歴史地理学などを中心認められるが、平面図による説明のみでは三次元的に把握することが困難であり、三次元図などを活用することにより、より訴求力のたかい言説へ階梯をすすめることが可能となる(中塚一九八九など)。

さて図を一見して、海からの眺望を意識するかのように、海に墳丘側面を向けていることと同時に、海という離れた距離でもその偉容をはっきりと望見できる墳丘規模であることに気づかされる。つまり、海という交通路からも威容が誇示できる大きさを確保するため、五〇メートルを超える墳丘長となった可能性が示唆される。墳丘はなぜ巨大化したのか、という問いに答える根拠のひとつとして、こうした立体感や距離感が視覚的に把握できる図面が有効であることは言を俟たない。

信仰と立地 景観の復元という観点は、古墳にかぎらず各種遺跡においても重要な検討対象となる。とくに、丘陵や山塊などと不即不離の関係にある寺院では、寺院本体だけでなく地形的立地環境も勘案する必要がある。地形的環境と寺院との関係性を立体的な状態で把握するには、三次元画像による鳥瞰図や立体感を表現した陰影図などを使用する場合が多い。カシミールの3D地図や国土地理院電子国土の色別標高図などが代表例となるが、これらを多用して寺院選地を官衙・官道隣接型、河川型、港津型、眺望型、開発拠点型、水源型、聖域型、山林寺院に分類した梶原義美氏の所説を好例としてあげておく(梶原二〇一七)。

南都七大寺のひとつ、奈良県興福寺南大門SX9361出土の鎮壇具は、須恵器広口壺の内部に和同開珎五枚とガラス小玉一三点をおさめ、その上に織物をかぶせる(あるいは上述の遺物を包む)。その上部に魚の頭部がおさめられていた(興福寺二〇一〇)。この魚頭骨(フサカサゴ科)は、カサゴ属やメバル属などを含むが、オコゼの可能性も視野にいれる必要がある。というのも、オコゼと山の神信仰とのかかわりは深いことから、民俗学ではかねてから注

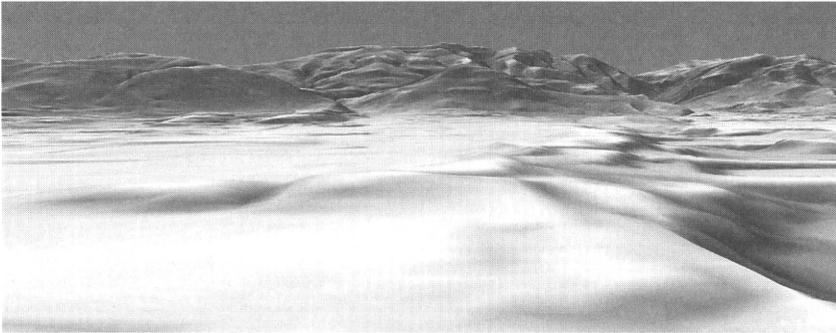


図3 カシ米尔3Dによる興福寺南大門からみた春日山

意されてきたためである。山の神がオコゼを好むことから、山の神へオコゼを供献したといった伝承をふくめ、山の神とオコゼとの関係性については諸説あるが、近年では中国の山の神信仰との関連、具体的には中国あるいは朝鮮半島の山の神信仰に山の神の使いとして虎が重要な役割を果たすが、この虎がトーテムとしてオコゼに転じた可能性が指摘されている(村田二〇〇四)。いふなれば、山の神が渡来神である可能性を示唆し、西日本を中心に分布する状況にかんがみると、一定の説得力を有した言説といえよう。

さて、興福寺南大門出土の魚頭骨に話題を戻すと、これが山の神とのかかわりで理解しようとする場合、まず南大門付近から山が望みできるのかが議論の前提となる。そこで、興福寺南大門から山を望むことができるかカシ米尔3Dを使用したところ(南大門基壇上から眺めた状態で作成)、図3のとおり三笠山や花山(春日山)を一望できる好立地であることがわかる。現在は五重塔が南大門の東側にそびえるが、五重塔は天平二年(七三〇)の創建とされ、興福寺造営開始時(七一〇年の平城遷都直後と推定)にはまだ建立されていないため、これらの山は一望できたことは容易に想像がつく。したがって、南大門出土魚頭骨は、山の神信仰と関連づけて説明するのは一定の妥当性があるといえる⁽³⁾。

山岳や河川、海浜などの地形的特徴と信仰とは深くかかわっている。考古学的に信仰を立証することは簡単ではないが、こうした地形的特徴を把握できるソフトを活用することで、より確度の高い主張（推論）を展開することが期待される。

五 まとめ

以上、計測技術の進展と考古学とのかかわりについて、考古学研究に不可欠な要素となりつつある現状を中心に概観してきたが、三次元計測をはじめとする新たな計測技術の成果の必要性について愚考してきた。本稿を閉じるにあたり、ここまで縷々述べてきた内容の要点を列記し、まとめに代えたい。

①三次元データは、正確性・客観性という点において、従来の実測図に比して一日の長があること。つまり高精度な比較検討をおこなう研究には、新たな技術に立脚した計測成果が欠かせない状況になりつつある。無論、これにより手実測のメリットが失われることはなく、今後も考古資料に対する観察眼が必要なのはいうまでもない。そして、三次元データと手実測による実測図、双方の特性や長所・短所を理解した上で、それぞれ状況に応じて使い分ける必要がある。

②三次元データは、研究に新視覚をもたらす可能性を秘めている。たとえば、墳丘測量図を三次元化することで、これまで平面規模の議論に偏してきた墳丘研究に高さの問題を加味できるようになり、研究が転回していくことが先行研究および本稿での検討で明確になった。計測した資料の比較検討が容易かつより正確となったことで、微細な破片から動くことのできない巨大な構造物まで比較検討の対象が飛躍的に拡大し、研究に裨益する点は計り知れず、

積極的な導入が期待される。古墳の場合であると、墳丘や石室など平面的な検討に終始しがちな研究対象においては、計測時間の縮減とも相まってとくに有効とみなしうる。

③文化財の活用を念頭においた施策をすすめる上でも、三次元データは不可欠なツールとなりつつある。博物館における展示計画やレプリカの作成、動画作成の素材となる、あるいは特定の方向からしか観察できない資料展示の補完手段として普及啓発活動に効力を発揮するため、遺跡調査のみならず博物館などの施設でも大いに活用できる。

④ただし、三次元計測の対象や規模、数量、精度などを見極めて、どのような体制で計測をおこなうか考慮せねばならない。つまり、自ら作成する場合、計測を専門とする機関に依頼する場合など、計測にあたっては柔軟に選択するのがよいと考える。

⑤右に列記した利点などを勘考すると、今後も三次元計測ならびに三次元データ利用するケースは、増加することが見込まれる。そこで大学教育の場において、こうした三次元計測技術や解析する方法、さらにデータの利活用の方法などを学修できる環境を本格的に整備する必要がある。

なお、本稿の作成ならびに本ミニシンポジウムの開催は、筆者を研究代表者とする平成二九年度國學院大學特別推進研究（國特推助第九〇号）の成果の一部である。

謝 辞 ご多忙にもかかわらず、ご寄稿いただいた報

告者のみなさまに深厚なる謝意を表します。とくに

植田真先生には、ミニシンポジウムの企画・立案段

階から報告者の人選や報告内容、事前検討会の実施

など、充実した内容となるようご尽力いただきまし

た。重ねて篤く御礼申し上げます。

註

(1) 本稿では、人が考古資料を現認しながら計測・図化する実測手法を手実測と仮称しておく。

(2) 二〇一八年七月現在、当該データベースでは、ヒト・イヌ・イノシシ・ニホンジカ・ウシ・ウマの骨格標本三次元データが公開されており、奈良文化財研究所のホームページから閲覧が可能である。アドレスは以下のとおり。

<https://www.nabunken.go.jp/research/environmental/gaiyoh.html>

(3) オコゼや山の神信仰については、榎山林継氏ならびに國學院大學文学部史学科の高橋怜土氏にご教示いただいた。記して感謝申し上げます。

挿図出典

- 図1 筆者作成
- 図2 筆者作成
- 図3 筆者作成

引用文献

- 青木敬 二〇一四「中央官衙」『古代官衙』考古調査ハンドブック一、ニューサイエンス社、三五―一七八頁
- 青木敬 二〇一七『土木技術の古代史』歴史文化ライブラリ

一四五三、吉川弘文館

犬山市教育委員会 二〇一四『史跡東之宮古墳』犬山市埋蔵文化財調査報告書第二二集

宇垣匡雅 二〇一〇「古墳の墳丘高」『考古学研究』第五七巻 第二号、八〇―九一頁

大阪市立大学日本史研究室 二〇一〇a 『玉手山三号墳の発掘調査概報』

大阪市立大学日本史研究室 二〇一〇b 『奈良県広陵町牧野古墳の石室』

梶原義実 二〇一七『古代地方寺院の造営と景観』吉川弘文館

金田明大 二〇一七「三次元計測の事例」『季刊考古学』第一四〇号、雄山閣、六二―六三頁

金田明大 二〇一八「熊本県下被災古墳の情報収集」『埋蔵文化財ニュース』一七二、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所埋蔵文化財センター、八―九頁

国立市教育委員会 二〇〇五『東京都国立市四軒在家遺跡Ⅱ―国立市四軒在家土地区画整理事業に伴う発掘調査―』国立市文化財調査報告第四九集

国立市教育委員会 二〇一四『東京都国立市梅林遺跡第一四地点発掘調査報告書 下谷保一〇号墳・梅林一号横穴墓』

国立市文化財調査報告第五六集

- 興福寺 二〇一〇『興福寺 第一期境内整備事業にともなう発掘調査概報Ⅴ』
- 狛江市教育委員会 二〇一四『緒方小川塚古墳と狛江古墳群—多摩川流域における古墳時代の狛江—』こまえ文化財ブックレット2
- 西藤清秀 二〇一四『箸墓古墳・西殿塚古墳の墳丘の段構成について』『奈良県立橿原考古学研究所七五周年記念論集』八木書店、四一—五一頁
- 西藤清秀 二〇一七『3次元航空レーザ測量とその成果』『季刊考古学』第一四〇号、雄山閣、五四—五七頁
- 佐藤宏介 二〇一七『三次元画像計測の歩みと考古学—技術的将来—』『季刊考古学』第一四〇号、雄山閣、七六—七九頁
- 佐原眞 一九九五『原始・古代の考古資料』『石波講座 日本通史』別巻三 史料論、一三一—一七四頁
- 城倉正祥 二〇一六『人物埴輪の三次元計測における研究の現状と課題』『3D考古学の挑戦—考古遺物・遺構の三次元計測における研究の現状と課題—』早稲田文化芸術週間二〇一六シンポジウム予稿集、早稲田大学総合人文科学研究センター、一八一—二二頁
- 城倉正祥 二〇一七『デジタル技術でせまる人物埴輪 九十九里の古墳と出土遺物』吉川弘文館
- 城倉正祥(編) 二〇一七『殿塚・姫塚古墳の研究—人物埴輪の三次元計測調査報告書—』早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所調査研究報告第三冊、六一書房
- 下関市教育委員会 二〇一〇『史跡仁馬山古墳 山口県下関市大字延行字神間ほか地内史跡仁馬山古墳発掘調査報告書』下関市文化財調査報告書二八
- 白石太一郎 一九八五『古墳の知識Ⅰ 墳丘と内部構造』考古学シリーズ一九、東京美術
- 神野恵 二〇一八『平城宮転用硯の実態』『奈良文化財研究所紀要二〇一八』、五八—五九頁
- 神野恵・山口欧志・中村亜希子 二〇一七『大型遺物実測における三次元計測の有用性』『奈良文化財研究所紀要二〇一七』、七三—七四頁
- 鈴木勉 二〇一六『三角縁神獸鏡・同范(型)鏡論の向こうに』雄山閣
- 胎内市教育委員会 二〇一六『城の山古墳発掘調査報告書(四〜九次調査)』胎内市埋蔵文化財調査報告書第二六集
- 高田祐一・広瀬侑紀・福家恭・藤田精 二〇一四『三次元形状計測による前近代石割技術検討の手法』『日本文化財科学会大会研究発表要旨集』三二
- 高田祐一・佐藤由似 二〇一五『アンコール遺跡群に関する採石・石材加工技術の基礎的研究』『奈良文化財研究所紀要

- 二〇一五、一四—一五頁
- 多摩市教育委員会 一九九六『東京都指定史跡稲荷塚古墳—墳丘部確認にともなう調査—』多摩市埋蔵文化財調査報告 三九
- 多摩地区所在古墳確認調査団 一九九五『多摩地区所在古墳確認調査報告』
- 多摩市教育委員会 二〇一八『和田・百草遺跡（臼井塚古墳周辺地）—多摩市百草個人住宅建築用地埋蔵文化財試掘調査—東京都指定史跡稲荷塚古墳—多摩市稲荷塚古墳保存確認調査—』多摩市埋蔵文化財調査報告第七八集
- 太郎良真妃 二〇一七『ありふれた遺物の記録と応用』『季刊考古学』第一四〇号
- 調布市遺跡調査会 二〇〇三『下布田遺跡—第五四地点（布田六丁目土地地区画整理事業）の調査—古代編』調布市埋蔵文化財調査報告六九
- 津村宏臣 二〇一七『文化財の「保存・修復」から3Dモニタリングへ』『季刊考古学』第一四〇号、雄山閣、八九—九一頁
- 豊岡卓之・岡林孝作・酒井将史・東影悠・金田明大・奥山誠義 二〇一七『桜井茶白山古墳第7・8次調査概要報告』『東アジアにおける初期都宮および王墓の考古学的研究』平成一九年度～平成二二年度科学研究費補助金基盤研究
- (A) 研究成果報告書、六一—一〇一頁
- 中園聡 二〇一七『九州出土の中世中国系瓦の三次元記録と検討』『季刊考古学』第一四〇号、雄山閣、三四—三七頁
- 中塚良 一九八九『首長墓系古墳の立地分析—京都府山城盆地・亀岡盆地を例に—』『歴史地理学紀要』第三一卷、五一—八二頁
- 中村亜希子 二〇一七『データベース作成に向けた瓦当の三次元計測方法とその実践』『文化財の壺』第五号、文化財方法論研究会、一一—一五頁
- 中村亜希子・山口欧志 二〇一七『瓦当の三次元計測方法の検討—瓦当データベース構築に向けた模索—』『奈良文化財研究所紀要』二〇一七、六六—六七頁
- 中村亜希子・林正憲 二〇一八『同范瓦』と『異范瓦』—東大寺式軒瓦の三次元計測と検討—』『奈良文化財研究所紀要』二〇一八、七六—七八頁
- 永見秀徳 二〇一七『石造物の三次元計測』『季刊考古学』第一四〇号、雄山閣、四二—四三頁
- 新納泉 二〇一七『前方後円墳の設計原理試論』『考古学研究』第五八巻第一号、一六—三六頁
- 新納泉 二〇一五『誉田御廟山古墳の設計原理』『日本考古学』第三九号、五三—六八頁
- 橋口剛士 二〇一八『井寺古墳の復旧・整備についての取り

組みと今後の課題』『日本考古学協会第八四回総会研究発表要旨』、一九〇—一九一頁

平川ひろみ・太郎良真妃・中園聡 二〇一八『3D発掘』の

実践—鹿児島県三島村黒島大里遺跡の調査とその成果—

『日本考古学協会第八四回総会研究発表要旨』、二五六—二

五七頁

廣瀬寛 二〇一五『三次元計測による飛鳥時代の石工技術の

復元的研究』平成二三〜二六年度科学研究費(学術研究助

成金(若手研究B)) 研究成果報告書

府中市教育委員会・府中市遺跡調査会 二〇〇五『武蔵府中

熊野神社古墳』府中市埋蔵文化財発掘調査報告第三七集

文化庁・奈良文化財研究所・奈良県立橿原考古学研究所・明

日香村教育委員会 二〇一七『特別史跡高松塚古墳発掘調

査報告—高松塚古墳石室解体事業にともなう発掘調査—

国宝高松塚古墳壁画恒久保存対策事業報告書一

三鷹市遺跡調査会・三鷹市教育委員会 二〇一一『天文台構

内古墳Ⅰ 東京都三鷹市大沢 天文台構内古墳再確認調査

報告書』三鷹市埋蔵文化財調査報告第三三集

文化庁文化財部記念物課 二〇一七『東日本大震災の復興と

埋蔵文化財保護の取組(報告)—発掘調査の実施と活用へ

の取組編—

松井章・菊地大樹(編) 二〇一六『中国新石器時代における

家畜・家禽の起源と東アジアへの拡散の動物考古学的研
究』平成二六〜二七年度科学研究費補助金(基盤研究A)
研究成果報告書

水野敏典・奥山誠義・古谷毅・徳田誠志 二〇一一『三次元

計測を用いた三角縁神獣鏡「同范鏡」鏡径収縮」の有無の

検討』『日本考古学協会第七七回総会研究発表要旨』、二〇

〇—二〇一頁

水野敏典・奥山誠義・北井利幸・柳田明進 二〇一五『古墳

時代前期の銅鏡以外の青銅器製作技術の研究—三角縁神獸

鏡の製作地を考えるために—』『日本考古学協会第八一回

総会研究発表要旨』、二〇六—二〇七頁

水野敏典 二〇一六『三次元計測と銅鏡研究』3D考古学の

挑戦—考古遺物・遺構の三次元計測における研究の現状と

課題—』早稲田文化芸術週間二〇一六シンポジウム予稿

集、早稲田大学総合人文科学研究センター、一三一—一七頁

水野敏典(編) 二〇一七『三次元計測を応用した青銅器製作

技術からみた三角縁神獣鏡の総合的研究』平成二五〜二八

年度科学研究費補助金(基盤研究B) 研究成果報告書

水野敏典・奥山誠義・北井利幸 二〇一七『三次元計測を応

用した倭鏡における挽型使用形態の検討』『日本考古学協

会第八三回総会研究発表要旨』、一七〇—一七一頁

村田弘 二〇〇四『再考・山の神とオコゼ』『東北学』一〇、

東北芸術工科大学東北文化研究センター、二四二―二五三	頁
早稲田大学東アジア都城・シルクロード考古学研究所	二〇
一六『山室姫塚古墳の研究―デジタル三次元測量・GPR 調査報告書―』早稲田大学東アジア都城・シルクロード考 古学研究所調査研究報告第一冊	
渡辺貞幸	二〇一八
『出雲王と四隅突出型墳丘墓 西谷墳墓 群』シリーズ「遺跡を学ぶ」一二三、新泉社	